

УДК 669.162.215

**М.М. ПЕКЛИЧ, Ю.Д. СЕРДЮК, В.И. АПОСТОЛОВ,
С.Н. ГОЛИНКА, А.В. ЛИТВИНЕНКО,** ОАО “Головной
специализированный конструкторско-технологический институт”,
г. Мариуполь

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БЕСКОНУСНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ С ЛОТКОВЫМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ ШИХТЫ ПРОИЗВОДСТВА ОАО “АЗОВМАШ”

Розглянута конструкція розробленого та впроваджененого у виробництво безконусного завантажувального пристрою (БЗП). Наведений порівняльний аналіз конструктивних особливостей БЗП виробництва ВАТ “Азовмаш” у порівнянні з закордонними аналогами.

The construction of developed and applied in industry bell-less top charging system (BTCS) is considered. The comparative analysis of design philosophy of BTCS manufactured by OJSC “Azovmash” is produced in comparison with the foreign analogues.

В последние несколько лет украинские и российские металлургические предприятия последовательно наращивали объёмы производства чугуна. В то же время наблюдается критический износ печного фонда, воздухонагревателей, загрузочных устройств и других жизненно важных объектов доменных печей. Поэтому модернизация действующих доменных печей представляет собой важную задачу для предприятий металлургической отрасли.

Эффективность работы доменной печи напрямую связана с организацией её загрузки шихтовыми материалами. Рациональное распределение материалов и газовых потоков в печи достигается за счёт применения различного типа загрузочных устройств, позволяющих осуществлять выбор оптимальных режимов загрузки и параметров дутья, обеспечивающих необходимое дозирование и формирование порций шихтовых материалов на колошнике доменной печи. Наиболее распространёнными загрузочными устройствами в практике доменного производства являются конусные и бесконусные загрузочные устройства доменных печей [1].

Опыт эксплуатации доменных печей большого объёма свидетельствует, что конусные загрузочные устройства не удовлетворяют в полной мере требованиям технологии, их функциональные возможности ограничены. Кроме того, диаметры больших конусов (до 7000 мм) достигли практически предельных величин, при которых невозможна качественная механическая обработка их контактных поверхностей и обеспечение герметичности загрузочного аппарата. Поэтому основные тенденции развития в этой

области связаны в настоящее время с созданием и использованием бесконусных загрузочных устройств (БЗУ) лоткового типа, которые существенно расширяют технологические возможности загрузки шихтовых материалов в доменную печь [2].

Основным достоинством такого устройства является то, что конструкция БЗУ предусматривает разделение функций герметизации и распределения шихты между соответствующими узлами устройства, имеет возможность вести управляемое, эффективное распределение шихтовых материалов на колошнике доменной печи, что в конечном итоге позволяет повысить производительность и снизить энергозатраты на 1 тонну выплавленного чугуна.

К настоящему времени в мировой практике доменного производства наибольшее распространение на доменных печах получили БЗУ с лотковым распределителем шихты конструкции люксембургской фирмы “Полю Вюрт” [3].

В ОАО “Азовмаш” при участии ОАО “Гипромез” (г. Москва) и ОАО МК “Азовсталь” (г. Мариуполь) разработана собственная конструкция БЗУ, которая имеет ряд оригинальных технических решений по основным узлам и механизмам устройства, в том числе по конструкции механизма вращения и наклона лотка распределителя шихты, отличающегося от существующих аналогов повышенной надёжностью и ремонтпригодностью [4, 5].

БЗУ конструкции ОАО “Азовмаш” работает в автоматическом режиме в соответствии с заданной программой загрузки шихтовых материалов на колошник доменной печи. Шихтовый тракт БЗУ имеет износостойкую защиту, которая конструктивно оформлена в виде литых самофутерующихся (ячеистых) или гладких плит из комплексного легированного износостойкого чугуна (КЛИЧ). Стойкость шихтового тракта составляет минимум 10 лет. БЗУ имеет высокую степень ремонтпригодности и комплектуется специальными монтажными и ремонтными механизмами и приспособлениями, кроме того, конструкция БЗУ позволяет вести агрегатный метод замены узлов устройства. Оснащение шихтового тракта устройством для герметичного отделения от печного пространства обеспечивает возможность ремонта и замены узлов БЗУ без полной остановки доменной печи, что создаёт большие удобства в эксплуатации.

На рис. 1 представлена принципиальная схема БЗУ с лотковым распределителем шихты конструкции ОАО “Азовмаш”, где основные узлы устройства (газоуплотнительные клапана, бункера, блок шихтовых затворов, распределитель шихты, привод распределителя шихты) разработаны на основе восьми отечественных изобретений.

В отличие от газоуплотнительных элементов БЗУ фирмы “Полю Вюрт” (уплотняющие кольца из силиконовой резины), газоуплотнительные клапана конструкции ОАО “Азовмаш” разработаны в двух исполнениях – с резиновыми уплотняющими кольцами и с металлическими контактными поверхностями седла и тарели. Это обусловлено тем, что украинские и российские металлургические предприятия работают на “горячем” агломерате, при котором ресурс клапанов с резиновыми уплотнениями не

превышает 3 месяцев, тогда как при использовании металлических контактных поверхностей тарели и седла ресурс клапанов повышается до 1,5 – 2 лет.

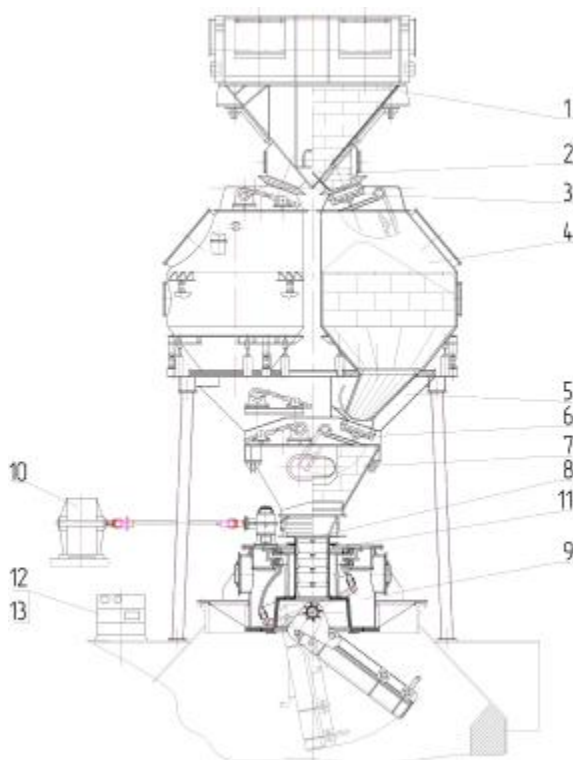


Рис.1. Бесконусное загрузочное устройство доменной печи с лотковым распределителем шихты конструкции ОАО “Азовмаш”:

- 1 –воронка приёмная; 2 – затвор шихтовый; 3 – клапан газонепроницаемый верхний;
- 4 – бункер накопительный; 5 – блок нижних шихтовых затворов;
- 6 – блок нижних газонепроницаемых клапанов; 7 – воронка сборная;
- 8 – задвижка отсечная; 9 – распределитель лотковый; 10 – привод распределителя;
- 11 – система смазки; 12 – гидропривод; 13 – электрическая часть

При работе с “горячим” агломератом контактные поверхности тарели и седла газонепроницаемого клапана наплавляются порошковой лентой ПЛ-АН 111 или композитными материалами (сплав релит+мельхиор). В конструкции клапанов также предусмотрен обдув азотом (либо очищенным доменным газом) контактной поверхности тарели. Одним из конструктивных преимуществ разработанного ОАО “Азовмаш” газонепроницаемого клапана является плотное прилегание тарели к седлу, что обеспечивается при помощи крепления тарели к поворотному рычагу, конструктивно выполненного в виде шарового шарнира, сферических контактных поверхностей тарели и седла, и

разработанной технологии притирки контактных поверхностей тарели и седла. Все вышеперечисленные факторы обеспечивают самоустановку тарели в седле и их плотное прилегание по контактным поверхностям, при этом важным геометрическим параметром является радиус сферы R , по которому выполняется контактная поверхность тарели (рис.2).

Радиус R определяется из соотношения [3]:

$$R = \frac{1}{2 \cdot \sin a_p} \cdot \sqrt{D_k^2 + \frac{H^2}{\sin^2 a_p} + \frac{2 \cdot D_k \cdot H}{\operatorname{tg} a_p}},$$

где D_k – диаметр клапана; H – высота контактных поверхностей, которая равна $H = 0,0455 D_k$, a_p – расчётный угол наклона, зависящий от формы контактных поверхностей тарели и седла.

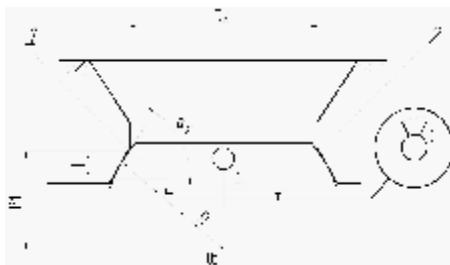


Рис.2. Схема обозначений расчетных величин газоплотнительного клапана:

- 1 – седло газоплотнительного клапана;
- 2 – тарель газоплотнительного клапана;
- R – радиус контактной поверхности тарели;
- D_k – диаметр клапана;
- H – высота контактных поверхностей;
- a_p – расчетный угол наклона;
- O_c – центр сферы, по которой обрабатывается контактная поверхность тарели;
- B_1 – расстояние от центра сферы O_c до верхней кромки контактной поверхности седла;
- O – ось вращения поворотного рычага

В свою очередь диаметр клапана D_k определяется по требуемому расходу шихтовых материалов

$$D_k = 1,15 \cdot \frac{V_{ш}}{t^2 \cdot K_k^2 \cdot g},$$

где $V_{ш}$ – объём шихтового материала в бункере, m^3 ; $K_k = 0,55-0,6$ – коэффициент истечения кокса; t – время истечения шихтового материала, с; g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

Важным геометрическим параметром клапана также является расстояние B_1 от центра сферы O_c до верхней кромки контактной поверхностей седла, которое находится [3]:

$$B_1 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{D_k}{\operatorname{tg} a_p} + \frac{H}{\sin^2 a_p} \right).$$

Бункера БЗУ спроектированы так, что полезная ёмкость каждого бункера составляет объём двух скипов, т.е. одну порцию шихты. Бункера опираются на тензометрические датчики, которые позволяют с помощью специально разработанных программ АСУ следить за процессом загрузки шихтовых материалов и контролировать их дозирование, то есть регулировать подачу

шихты по массе. Для уменьшения погрешностей при взвешивании шихтовых материалов, бункера опираются на тензодатчики, а в конструкции крепления бункеров с жёстко установленными узлами используются сильфонные компенсаторы. Для предотвращения смещения в горизонтальной плоскости бункера закрепляются при помощи шарнирных тяг.

Блок нижних шихтовых затворов включает в себя два грузовых регулирующих шиберных затвора, заключённых в единый корпус. Грузовой регулирующий шиберный затвор состоит из укрепленной на поворотном рычаге заслонки секторного типа, перекрывающей выпускное отверстие переменного сечения. Шиберный затвор предназначен для удержания шихты в бункерах и регулирования величины потока выгружаемых из бункера шихтовых материалов. Особенность шиберного затвора конструкции ОАО “Азовмаш” (рис. 3), заключается в исключении возможности его заклинивания при открывании. Этого удалось добиться путём смещения оси вращения шиберной заслонки относительно центральной оси выпускного отверстия на расстояние A в сторону открывания заслонки. При этом переменная величина зазора δ между подвижным шибером и стационарно установленным носком зависит от степени открытия шиберной заслонки и определяется из следующего соотношения:

$$\delta(\varphi) = R - A \cdot \cos(\pi - \varphi) - \sqrt{R^2 - A^2 \cdot \sin^2(\pi - \varphi)}.$$

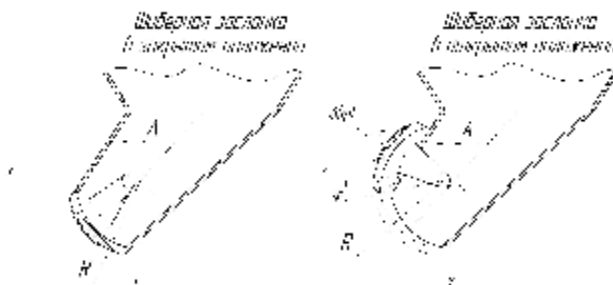


Рис.3. Схема обозначений расчетных величин шиберного затвора:

A – расстояние смещения оси вращения шиберной заслонки относительно центральной оси выпускного отверстия; $\delta(\varphi)$ – зазор между подвижным шибером и стационарно установленным носком;

R – радиус шиберной заслонки; φ – угол открытия шиберного затвора $0 < \varphi < 90^\circ$

Оригинален и прост в работе разработанный лотковый вращающийся распределитель шихты – “сердце” машины. Принципиальная схема распределителя представлена на рис.4. Распределитель шихты предназначен для распределения шихты по сечению колошника доменной печи по определенным режимам.

Распределитель шихты состоит из корпуса с механизмами вращения и изменения угла наклона распределительного лотка, собственно

распределительного лотка и привода. Хотелось бы обратить внимание на то, что особенностью конструкции БЗУ фирмы “Поль Вюрт” является расположение в куполе печи сложного планетарного редуктора, что требует для его охлаждения и защиты от воздействия запылённых горячих газов постоянной подачи охлаждённого и очищенного азота с давлением несколько большим, чем давление колошниковых газов. Особенностью же распределителя конструкции ОАО “Азовмаш”, является то, что его привод находится вне печного пространства. В подкупольной части печи находится лишь механизм зубчатого зацепления, включающий в себя две шестерни и два опорных подшипника. Механизмы распределителя защищены от теплового воздействия колошниковых газов теплозащитными экранами. Кольцевые зазоры между неподвижными и вращающимися элементами распределителя со стороны печного пространства герметизированы за счёт лабиринтных уплотнений, которые позволили значительно сократить подачу в корпус охлаждающего азота или газа под давлением, превышающим давление газа на колошнике доменной печи, или вовсе обходиться без него.

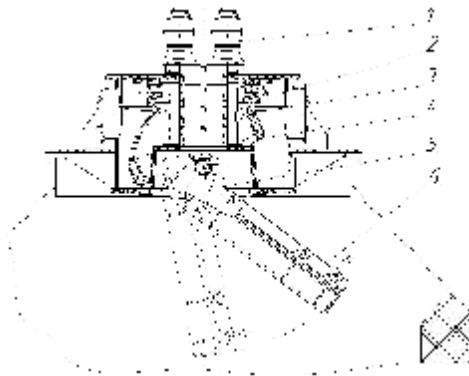


Рис.4. Механизм вращения и изменения угла наклона лотка распределителя шихты конструкции ОАО “Азовмаш”:

- 1 –редуктор угловой; 2 – подшипник опорный; 3 – копир; 4 – коромысло с роликами; 5 – подвеска лотка; 6 – лоток распределительный

Суть конструкции вращающегося распределителя заключается в том, что изменение угла наклона распределительного лотка производится при помощи коромысла, которое соединено с лотком, на котором установлены ролики, постоянно контактирующие с вращающимся копиром кулачкового типа.

Лоток имеет возможность изменять свой наклон относительно вертикальной оси и одновременно вращаться в горизонтальной плоскости. Это достигается за счёт оригинального привода наклона и вращения лотка, кинематическая схема которого представлена на рис.5, включающего в себя дифференциальный редуктор, позволяющий регулировать вращение и угол

наклона независимо друг от друга.

Как видно из кинематической схемы, два двигателя 1 через промежуточный редуктор 3 приводят во вращение один из входных валов дифференциального редуктора 8, на выходе которого через дифференциальный механизм синхронно вращаются два выходных вала. Эти валы через шарниры Гука (карданные валы) 9 и угловые редуктора 10 передают вращение на шестерённые пары, расположенные в пространстве печи. Большие шестерни 11 в этих парах представляют собой шариковые упорно-радиальные подшипники с зубчатым венцом по наружному кольцу. К верхнему подшипнику металлоконструкцией центральной проходной воронки присоединён лоток 14, получающий вращение вокруг оси печи. К нижнему подшипнику крепится копир 12, по образующей которого может перемещаться опорный ролик лотка, при этом угол наклона лотка относительно вертикальной оси будет меняться.

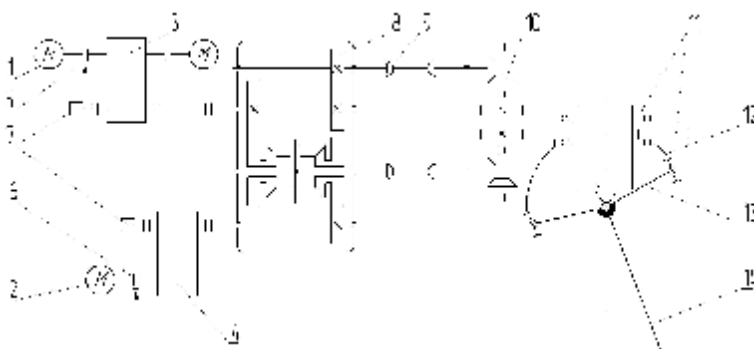


Рис.5. Кинематическая схема механизма вращения и наклона распределительного лотка:

- 1 – двигатели механизма вращения лотка; 2 – двигатель механизма наклона лотка;
- 3,4 – редукторы промежуточные; 5,6 – тормоза; 7 – датчики кодовые;
- 8 – редуктор дифференциальный; 9 –вал карданный; 10 –редуктор угловой;
- 11 – подшипники упорно-радиальные; 12 – копир; 13 – коромысло с роликами;
- 14 – лоток распределительный

Если выходные валы дифференциального редуктора вращаются с одинаковой скоростью, то положение ролика на образующей копира не меняется и не меняется угол наклона лотка. При необходимости изменить угол наклона лотка включается двигатель 2, скорости выходных валов рассогласовываются и ролик лотка переместится по образующей копира, угол наклона лотка изменится. Торцевая поверхность копира выполнена в виде специальной кривой, позволяющей производить наклон лотка пропорционально изменению угла поворота коромысла с роликом.

Данная конструкция распределителя обеспечивает возможность подачи шихтовых материалов в любую точку доменной печи, при этом загрузка может производиться по различным режимам, таким как кольцевой, “в

точку”, секторный, по спирали, комбинированный (по кольцу и по спирали).

В процессе изготовления БЗУ на ОАО “Азовмаш” все его узлы проходят поузловую контрольную сборку с полным комплексом испытаний и проверкой работоспособности, что обеспечивает впоследствии высокую надёжность и долговечность работы БЗУ в целом в процессе эксплуатации.

БЗУ производства ОАО “Азовмаш” оборудованы две доменные печи (ДП № 3 и ДП № 4) металлургического комбината “Азовсталь”, в настоящее время изготовлены два новых комплекта БЗУ, которые должны быть установлены в 2006 году на металлургическом комбинате “Запорожсталь” и на Алчевском металлургическом комбинате.

Опыт промышленной эксплуатации БЗУ лоткового типа конструкции ОАО “Азовмаш” в условиях ОАО МК “Азовсталь” показал [6], что новое загрузочное устройство обеспечивает:

- экономии кокса на 3 – 5% (20-40 кг/т чугуна);
- повышение производительности доменной печи на 2-4%;
- снижение времени простоев доменной печи по вине загрузочного устройства до 65% (в сравнении с традиционными конусными загрузочными устройствами);
- экономии общих затрат на обслуживание и ремонт до 50%.

В общем итоге технико-экономическая целесообразность применения БЗУ конструкции ОАО “Азовмаш” определяется следующими факторами: повышением долговечности оборудования и уменьшением затрат на его ремонты; гибкостью и эффективностью управления распределением шихты; возможностью реализации автоматического контроля и управления распределением шихты и газового потока в печи; меньшей стоимостью БЗУ по сравнению с аналогами.

Выводы. На ОАО “Азовмаш” создано отечественное бесконусное загрузочное устройство, отвечающее современным техническим требованиям и обеспечивающее широкие технологические возможности загрузки доменных печей. Благодаря примененным конструктивным решениям, по своим основным технико-экономическим параметрам БЗУ производства ОАО “Азовмаш” не уступает БЗУ фирмы “Поль Вюрт”, превосходя его по стойкости шихтового тракта, стоимости ЗИПов и комплекта БЗУ в частности.

Список литературы. 1. *Большаков В.И.* Теория и практика загрузки доменных печей. – М.: Металлургия, 1990. – 256 с. 2. *Большаков В.И.* Научное обоснование стратегии управления распределением шихты при использовании БЗУ // *Сталь*. – 2004. – № 4. – С.37-42 3. *Авдеев В.А., Шайнович О.И., Ясаков Е.И., Марченко А.В.* Современные загрузочные устройства доменных печей. – М.: Металлургия, 1994. – 64 с. 4. *Распределитель шихты загрузочного устройства доменной печи.* Патент №1527273 С21 В 7/20. 5. *Загрузочное устройство доменной печи.* Патент № 18028118 С 21 В 7/20. 6. *Бачинин А.А., Рыбцов А.В., Лозовой В.П., Поляничко С.В., Четыркин Е.И.* Промышленная эксплуатация лоткового загрузочного устройства доменной печи // *Сталь*. – 1992. – № 5. – С.13-18.

Поступила в редколлегию 20.04.06